

## Desarrollo de maquinaria de corte de perfiles de aluminio a través de estructura/base y dispositivo Poka-Yoke

Julio Enrique Reyes Vázquez \*

Susana Reyes Vázquez \*\*

José Alfonso Soto Pérez \*\*\*

### Resumen

#### Resumen

*Teknovidrio, es una empresa que ofrece sus servicios de estudio y diseño de proyectos, en donde se identificó una problemática al realizar perforaciones debido a que no se cuenta con ninguna herramienta de automatización, se realiza de manera manual provocando pérdidas de tiempo y errores al efectuar perforaciones por defectos en las medidas. En los resultados se destaca, la realización de los diseños de dos herramientas siendo; una de ellas una estructura/base la cual permite poder realizar perforaciones, evita defectos, la otra herramienta es un sistema poka-yoke el cual permite poder evitar errores al realizar las perforaciones.*

**Palabras Clave:** Maquinaria, Productividad, Poka Yoke, Diseño, Costos.

Clasificación JEL: L23; O14; O31

#### *Development of machinery for cutting aluminum profiles through structure/base and Poka-Yoke device.*

#### Abstract

*Teknovidrio, is a company that offers its services of study and design of projects, where a problem was identified when drilling because it does not have any automation tool, it is done manually causing loss of time and errors when drilling for defects in the measures. In the results, the realization of the designs of two tools stands out; one of them is a structure/base which allows to make perforations, avoids defects, the other tool is a poka-yoke system which allows to avoid errors when making the perforations.*

**Keywords:** Machinery, Productivity, Poka Yoke, Design, Costs.

**JEL Classification:** L23; O14; O31

\* TecNM, Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo  
ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-4636-5139>  
ereyes@cdhidalgo.tecnm.mx

\*\* TecNM, Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo  
ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-1549-7489>  
svazquez@cdhidalgo.tecnm.mx

\*\*\* TecNM, Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo  
Egresado de Ing. Industrial

## ***I. Introducción***

Al interior de las organizaciones se disponen de muchos factores para poder llevar a cabo los procesos y satisfacer la demanda del mercado, entre los más importantes se encuentran, el recurso humano, el capital, la tecnología y la materia prima; es indispensable saber cuál es el rendimiento de cada uno de estos factores y de qué forma están aportando para el alcance de las metas empresariales, cuando se analiza la proporción de los recursos utilizados y se compara con los resultados obtenidos, se habla de productividad; un término relacionado también con los términos de eficiencia y eficacia. (Fontalvo, De la Hoz y Morelos, 2018:47)

La globalización, exige a las organizaciones la mejora de sus procesos productivos y el incremento de la calidad, su crecimiento y la mejora de la competitividad, sin embargo, no se excluyen los retos que hoy se presentan en el mercado, las empresas deben de reforzar su desempeño y las estrategias que se implementen para enfrentarlos, estos cambios que se presentan en el mercado laboral provocan grandes movimientos que transforman a las empresas, con el objetivo de adaptarse a ellos para permanecer en el mercado. (Ramírez, Magaña y Ojeda, 2022:190)

Las empresas en muchas ocasiones no disponen de información confiable para tomar acciones correctivas, preventivas y de mejoramiento, ni definir estándares de calidad y tiempo para este proceso y poder ejercer controles que garanticen un buen nivel de calidad, una mayor eficiencia y productividad. (Flores, López y Flores, 2013:177)

El mundo ha experimentado cambios abruptos que engendraron filosofías, métodos o estrategias con el fin de hacer más fácil la escalada a la calidad, como lo son, las herramientas Lean Manufacturing, enfoque basado en procesos, marketing, servicio al cliente, entre otros, las cuales son exitosas si se conocen y estudian lo suficiente por parte de los encargados de su aplicación además de un compromiso total de la organización. (Paredes y Plazas, 2011)

La calidad adquiere valor desde el punto de vista de la producción, el costo, la rentabilidad y ha estado relacionada, hasta mediados del siglo XX, con la inspección como el método ideal para cubrir con los estándares de calidad exigidos por el cliente. (Soto, 2011:52)

Los poka-yokes (traducido del japonés quiere decir, más o menos, “evitar errores”) son comunes en las fábricas están compuestos por cosas como aditamentos para garantizar que las piezas solo se puedan unir del lado correcto, interruptores electrónicos que desconectan automáticamente el equipo cuando ocurre un error, la presentación de las piezas antes de montarlas para asegurarse de que se utilizan las cantidades correctas y las listas para comprobar que se sigue la secuencia correcta de pasos. (Chase, Jacobs, Aquilano, 2009:261).

El principio poka-yoke, término japonés que se refiere como “a prueba de errores” o “seguro contra fallas” (Kalpakjian y Schmid, 2014:1095). Dispositivos “a prueba de error” diseñados para prevenir la producción de defectos en la realización de un servicio o fabricación de un producto por medio de la detección y/o bloqueo de las condiciones de error que posteriormente generan el defecto (Hernández y Vizán, 2013:165).

La tecnología también juega un papel relevante en el incremento de la productividad de los empleados. (Keller y Kotler, 2012:136).

Aspectos en la gestión de la empresa como satisfacción del cliente, productividad, capital humano, eficiencia e incluso costes (ya que hay costes reales, pero no tangibles), parece más apropiado hablar de indicadores que nos “indican” de forma cuantificable este tipo de factores. Y, así, poder tomar decisiones al respecto. (Corral, 2017:7).

La productividad se puede definir como “la forma de utilización de los factores de producción en la generación de bienes y servicios para la sociedad”, se busca mejorar la eficiencia y la eficacia con que son utilizados los recursos. (Medina, 2010:110).

La productividad de la organización es el primer objetivo de los directivos y su responsabilidad. (Marvel, Rodríguez y Núñez, 2011:549).

Los sistemas Poka-Yoke implican el llevar una inspección al 100%, así como, una retroalimentación hacia el operador y auditores. También incluye llevar a cabo acciones inmediatas cuando los defectos o errores ocurren. La práctica de este sistema se realiza más frecuentemente en la comunidad manufacturera, para

enriquecer la calidad del producto previniendo errores en la línea de producción. (Hernández, Gómez, Ibarra, Vargas y Máynez 2018).

Los efectos del método Poka-Yoke en reducir defectos va a depender en el tipo de inspección que se este llevando a cabo, ya sea: en el inicio de la línea, auto-chequeo, o chequeo continuo. (Miguel, 2013).

Como parte del desarrollo de este proyecto se desea cumplir con el principal objetivo el cual está basado en satisfacer a un cliente atendiendo a la problemática que se presenta, la solución realizada se basa en un método conocido como un Poka-Yoke, este tipo de método se fundamenta en la facilitación de los problemas que se presentan a lo largo de un proceso. El sistema Poka-Yoke, o libre de errores, es el método para prevenir errores humanos que se convierten en defectos del producto final. Por lo que la metodología y los resultados alcanzados fueron; el diseño de la estructura/base y el dispositivo Poka Yoke de la maquinaria de corte de perfiles, para disminuir errores en las perforaciones a través de un diseño en CAD, como primer etapa, como segunda etapa se describió el proceso de operación y fabricación, para salvaguardar la calidad del proceso y del producto por medio de diagramas de flujo, recorrido y operaciones, tercer etapa fue el establecimiento del manual de usuario, para el uso y funcionamiento adecuado de las herramientas por medio de un manual técnico de funcionamiento, cuarta fase la determinación de costeo de fabricación estructura/base, para la aprobación de la elaboración, y finalmente la fase de pruebas y ajustes necesarios del desarrollo de maquinaria de corte de perfiles de aluminio, garantizando el funcionamiento correcto de la estructura/base. Obteniendo los resultados descritos en las conclusiones, siguiendo la estructura de introducción, problemática, objetivos, justificación, marco teórico, desarrollo, resultados, conclusiones, fuentes de información y anexos para el documento de investigación generado.

## ***II. Marco de referencia***

En los últimos años los países industrializados han visto la necesidad de aplicar la filosofía de Poka Yoke (mecanismos a prueba de error) en procesos automatizados, con la finalidad de corregir o evitar errores dentro de los mismos. (Chicaiza, 2019).

En 1961, la implementación de los métodos poka-yoke\* había hecho posible eliminar los defectos por completo, la confianza en los métodos SQC se debilitó un poco cuando se da cuenta de que esto significaba que había una manera de reducir los defectos sin depender de métodos estadísticos, experiencia por Shingo al implementar el método. Básicamente, sin embargo, todavía pensaba que el enfoque SQCap era el mejor disponible. (Shigeo Shingo, 1986:25).

El Poka-Yoke puede englobar estrategias que perfeccionen y optimicen los procedimientos de un almacén o una planta de producción como, por ejemplo, las 5S del método Kaizen. (Ruiz, 2019).

En 1977, después de una visita a la planta de la división de lavadoras de Matsushita en Shizuoco, realizada por Shegeo Shingo, donde se consiguió un mes entero sin defectos en una línea de ensamblaje con 23 operarios, Shingo llegó definitivamente a la conclusión de que el control estadístico de la calidad no era necesario para conseguir cero defectos, sino que bastaba la aplicación poka yoke y la inspección en la fuente. (Piqueras, 2021).

Para empezar, el objetivo es desarrollar una maquinaria de corte de Perfiles de aluminio a través de estructura/base y dispositivo Poka-Yoke, con la finalidad de disminuir los errores y tiempos durante el proceso de producción aumentando su productividad.

Y para ello lo primero es la identificación de cada uno de los procesos. En este análisis, se estudia la forma en la que se desarrolla cada operativa, haciendo hincapié en los posibles fallos que se puedan cometer. A continuación, se escoge el enfoque Poka-Yoke adecuado, es decir, se plantea una solución que minimice o impida todos los posibles fallos. También se asume que hay errores inevitables y, para estos casos, se diseña un sistema de detección y reacción, con el fin de reducir su impacto. Por último, se hace un seguimiento de la operativa con el objetivo de constatar que el Poka-Yoke y su implementación han funcionado. (Carrillo, 2022). Las técnicas Poka-Yoke pretenden eliminar los defectos en dos posibles estados o ámbitos de trabajo, antes de que ocurran y una vez ocurrido. (Jiménez, 2016).

La productividad es la proporción de la salida de un proceso contra la entrada. A medida que incrementa el resultado para un nivel constante de entrada, o que la cantidad de entrada disminuye para un nivel constante de salida, la productividad se incrementa. (Collier y Evans, 2016:54).

La productividad es una medida que suele emplearse para conocer qué tan bien están utilizando sus recursos (o factores de producción) un país, una industria o una unidad de negocios. (Chase et al., 2009).

La productividad tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos. (Gutiérrez, 2010:23).

Los cambios en la fabricación, que han provocado que se emplee mucho menos personal manteniendo, al mismo tiempo, el mismo porcentaje relativo de Producto Interno Bruto. Esto es resultado, principalmente, de las ventajas que se han obtenido en materia de productividad y automatización de operaciones. (Chapman, 2006:256).

Dentro de los modelos prescriptivos, se propone las siguientes fases: Identificación de necesidades, definición de especificaciones, diseño conceptual, diseño detallado, producción y venta. (Aguilar y González, 2009).

Los 3 principios de Poka-Yoke, Los principios de la metodología incluyen: Los errores son inevitables; los defectos no lo son. Hay que detectar el error antes de convertirse en defecto. La mejor herramienta para prevenir un defecto es la que logra aislar la fuente del problema. Este método engloba algunas estrategias de optimización de procesos como el método Kaizen y las 5S (Shingo 1986:45).

El Poka-Yoke puede clasificarse en cuatro tipos: Secuencial. Se basa en preservar un orden o una secuencia de un proceso. Si no se cumple, no se puede cerrar la tarea y, por tanto, es imposible avanzar hasta el siguiente proceso. Informativo. La información clara, sencilla y directa ayuda a los operarios a realizar las distintas operativas sin equivocarse. Agrupado. Consiste en preparar kits con todos los materiales y piezas necesarias para llevar a cabo una operación. De esta forma, los

operarios no pierden tiempo en ir a buscar los materiales que necesitan para trabajar porque ya los tienen todos a mano. Físico. Son cambios en la usabilidad de ciertos dispositivos con la intención de prevenir errores. Por ejemplo, las lavadoras o los microondas que utilizamos en casa no se ponen en funcionamiento hasta que las puertas no estén debidamente cerradas o se haya seguido una cierta secuencia (elegir temperatura, minutos, programa, etc.). Con todas estas prácticas lo que se busca verdaderamente es eliminar los errores en las actividades repetitivas o en aquellos procesos donde los operarios pueden equivocarse por desconocimiento o despiste. Así, los operarios pueden centrarse en su trabajo, en vez de malgastar el tiempo en hacer comprobaciones o en corregir las ineficiencias. (Niebel, 2014).

Pasos para implementar el Poka-Yoke y así mejorar procesos empresariales. 1. Detecta y describe el defecto, 2. Descubre los lugares donde se presentan los defectos, 3. Conoce las causas, 4. Identifica los errores de los estándares de la operación, 5. Evalúa las condiciones de bandera roja, 6. Determina el tipo de dispositivo poka-yoke requerido para la prevención de errores, 7. Prueba del dispositivo elegido, Revisa el desempeño. (Zarate, 2021).

En el Diseño de Poka-Yoke. se utilizó la metodología de rapid prototyping o prototipado rápido, consistente en una técnica de manufactura que se fundamenta en un modelado físico de los diseños, lo cual permite una mejor comprensión de las ideas en la etapa de desarrollo, ayudando a encontrar problemas potenciales, se buscan los posibles errores del modelo para ser mejorados en el diseño. (Torres, Acosta, García, Morales y Hernández, 2017).

Un dispositivo Poka-Yoke es cualquier mecanismo que ayuda a prevenir los errores antes de que sucedan, o los hace que sean muy obvios para que el trabajador los note y los corrija a tiempo. Si los errores no se permiten que se presenten, entonces la calidad será alta y el retrabajo poco. Normalmente las herramientas y / o dispositivos son también simples. (Díaz, Hernández y Téllez, 2008).

Los sistemas Poka-Yoke Significan el desarrollo de mecanismos y/o dispositivos para la obtención de cero defectos en los productos que fabrican las empresas, tienen

una fuerte relación con las 5S y con los sistemas SMED y, en consecuencia, también se desarrollan a la par. (Arrieta, 2007:139).

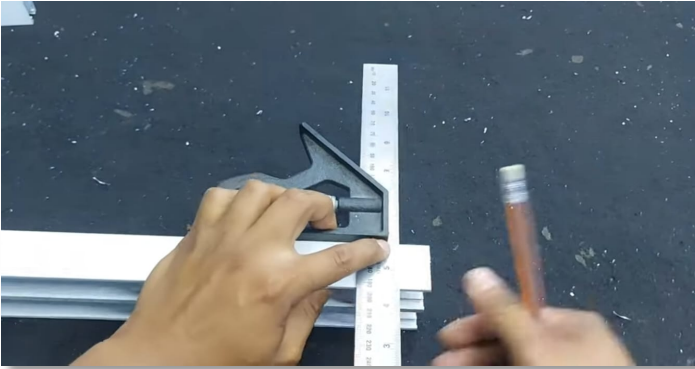
### ***III. Desarrollo del tema***

Identificando la problemática de pérdida de tiempo en el cambio herramental se diseñó una estructura/base la cual permite poder realizar perforaciones a dos diferentes tipos de distancias esta estructura/base proporcionará el ahorro de tiempo y a la vez permite poder disminuir los errores o desperdicios al momento de sacar las medidas de manera manual, así mismo poder aumentar la productividad dentro de la empresa.

Recordando que la simulación de diseño ayuda a los fabricantes a verificar y validar el uso previsto de un producto que se encuentra en fase de desarrollo, así como la capacidad de fabricación de este. Generalmente, el término "simulación" se utiliza como un término genérico para la ingeniería asistida por ordenador. Varios enfoques de simulación de diseño se han convertido en componentes estándar del desarrollo del producto en diferentes sectores y siguen ganando importancia, ya que este software de simulación de diseño es económico, rápido, asequible y fácil de utilizar

La empresa realiza las perforaciones de manera manual, lo que ocasiona una gran pérdida de tiempo al momento de sacar medidas y de realizar los cortes con una sierra, tal como se muestra en la Figura 1.

**Figura 1. Medida para las perforaciones de los perfiles.**



Nota: Elaborado por Reyes, Reyes, Soto. (2023)

Se diseñó una estructura/base la cual permite realizar las funciones del cambio herramental para poder disminuir el tiempo de producción al momento de realizar dichos cambios, por ello, se llevó a cabo el diseño en una aplicación llamada SIEMENS la cual permite poder simular el diseño y visualizar el moldeado, estampado, mecanizado y otros procesos con el objetivo de determinar la capacidad de fabricación del diseño, así como el efecto de los cambios en el método de fabricación, tal como se observa en la Figura 2

**Figura 2. Perforaciones de los perfiles.**



Nota: Elaborado por Reyes, Reyes, Soto. (2023)

De acuerdo con las necesidades de la empresa se propuso el diseño de un sistema Poka-Yoke para la perforación de cortes de aluminio, de tal manera que permite poder evitar los errores al momento de realizar dichas perforaciones, por ello es importante recordar que un sistema Poka-Yoke en japonés significa "a prueba de errores". Es un método que se implementa en las empresas con el objetivo de prevenir y disminuir los errores en los procesos para generar productos o servicios. Por ello, también influye en la calidad de estos y, además, evita los riesgos, mejorando así la reducción de costos y la productividad en una compañía.

El método fue creado por Shingeo Shingo en la década de los 90, en la compañía Toyota. El ejecutivo tenía la idea de eliminar los errores desde la fuente principal para obtener una calidad absoluta de cada proceso. Si algún empleado no recordaba realizar una actividad y cometía una equivocación (por ejemplo, olvidar soldar una pieza o incluir un componente), debería existir un sistema que le dé aviso y prevenga el error, mostrado en la Figura 3.

Se realizó el diseño del sistema Poka-Yoke en el programa llamado SIEMENS el cual permite visualizar una simulación del proceso de fabricación al mismo tiempo que diseña los resultados del producto en procesos de fabricación optimizados, así como, productos que han sido mejorados para el rendimiento, los costes y la calidad.

**Figura 3. Perfiles para perforación.**



Nota: Elaborado por Reyes, Reyes, Soto. (2023)

Cabe mencionar que anteriormente en la empresa, se había propuesto un diseño del sistema Poka-Yoke, el cual solamente permitía poder realizar una perforación a la vez, era la primera propuesta que se le dio al empresario mediante una reunión virtual realizada en el mes de julio del 2023, donde se llegaron a los siguientes acuerdos.

La simulación permite que los fabricantes estén cada vez más cerca de hacer realidad el propósito de construir un único prototipo, lo que permite reducir los costes y el tiempo de desarrollo de los productos, evitando las pruebas recurrentes de prototipos físicos y mejorando la calidad. Además:

1. Tomar decisiones de diseño teniendo en cuenta su impacto en el rendimiento funcional y en la fabricación.
2. Equilibrar diferentes aspectos funcionales durante el desarrollo de conceptos.
3. Reducir los costes y ganar eficiencia en el diseño gracias a la eliminación de material innecesario y de peso.
4. Ofrecer resultados gracias a modelos de simulación muy difícil o incluso imposible de medir en los prototipos físicos.

#### ***VI. Diseño de estructura/base y dispositivo Poka-Yoke de maquinaria de corte de perfiles de aluminio***

En este trabajo se diseñó una maquinaria de mejor calidad y también al cambiar el tipo de actividad de perforación, ya que el anterior consistía en una estructura/base donde se introducía un taladro de manera manual, dicho proceso implicaba una pérdida de tiempo al momento de realizar el cambio herramental, recordando que el antiguo diseño solamente permitía realizar una perforación a la vez y a una única distancia.

El nuevo diseño que se propuso cuenta con la facilidad de poder realizar dos perforaciones a la vez y a diferente distancia, por lo que se trata de una

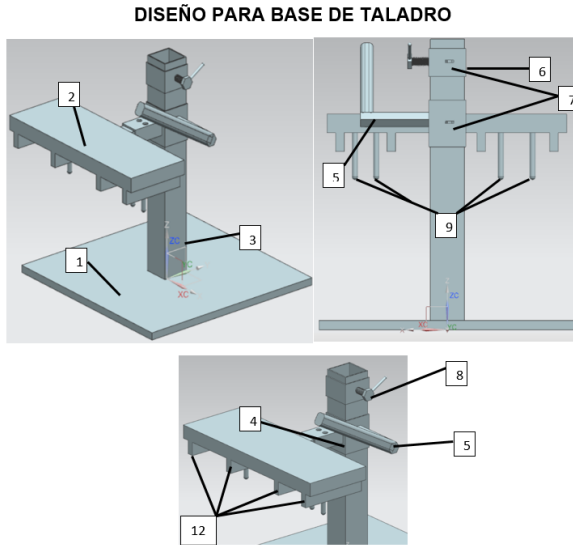
herramienta que tiene como principal objetivo evitar la generación de errores. Su misión es ayudar al trabajador en tareas o procesos rutinarios y/o con variabilidad, gracias a esto permitirá disminuir el tiempo de operación de cada perforación, así como aumentado el desempeño de productividad de quien lo utilice en una empresa, para cortar materiales como aluminio, latón, aleaciones de titanio, hierro fundido, cobre, bronce, aleaciones de zinc, níquel, varios plásticos, aceros aleados, etc. De tal manera que poder utilizar esta herramienta nos permite tener las siguientes ventajas:

- Larga vida de servicio
- Alta capacidad de corte
- Preparación y la eliminación de la soldadura
- Alta seguridad durante la jornada
- Funcionamiento sencillo

En la figura 4, se muestran las capturas del diseño propuesto junto con su lista de materiales, necesarios para la fabricación de la estructura/base, así también dentro de las capturas del diseño se destacan la composición del producto, además se muestra el tipo de material con el cual será producido, así como, también sus especificaciones de producción. Finalmente, en la Tabla 1 se muestra el listado de materiales para su fabricación.

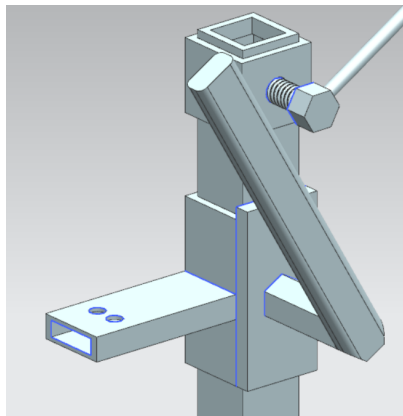
En la Figura 5, se puede apreciar un orificio el cual permite poder poner el soporte de muelas, para facilitar el cambio del herramental, ya sea de  $\frac{1}{2}$  pulgada ó 1 pulgada, recordando que la estructura/base permite realizar diferentes tamaños de perforación.

Figura 4. Base para taladro.



Nota: Elaborado por Reyes, Reyes, Soto. (2023)

Figura 5. Estructura/base para realizar diferentes tamaños de perforación.



Nota: Elaborado por Reyes, Reyes, Soto. (2023)

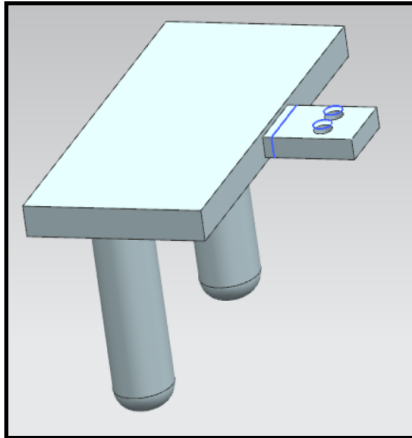
Tabla 1. Lista de materiales para la fabricación de la base.

No	Cantidad	MATERIALES	TIPO DE MATERIAL	DE ESPECIFICACIONES
1	1	Base de aluminio	Aluminio o Hierro	25 cm X 25 cm y 2cm de ancho
2	1	Soporte para muelas	Acero	3 cm de ancho en forma de "T"
3	1	Guía tubular	Acero	3 cm X 3 cm y 40 cm de alto
4	1	Soporte de manija	Acero	5.6 cm X 5.6 cm y 6 cm de alto, por dentro es vacío.
5	1	Manija	Acero	Compuesto por una barra hexagonal de 10 cm de largo
6	1	Autoajustable	Acero	5.6 cm X 5.6 cm y 3 cm de alto, por dentro es vacío
7	1	Soporte de resorte	Acero	Tuerca hexagonal de ½ pulgadas
8	1	Tornillo	Acero inoxidable	Tornillo de ¼ X 1- ¼
9	4	Muelas (Para perforación)	Acero	Muelas redondas de tungsteno de ¼ pulgada
10	1	Resorte	Acero	De 5.5 pulgadas
11	2	Electrodo para soldar	Acero	Sin Datos
12	4	Topes	Acero	Tope de acero de 2 cm de ancho

Nota: Elaborado por Reyes, Reyes, Soto (2023)

En la Figura 6, se aprecia la base de las muelas, la cual será ensamblada en la parte del soporte de la estructura/base permitiéndole al operario cambiar de herramienta ya sea de ½ pulgada ó 1 pulgada de tal manera que se puedan unir mediante unos tornillos.

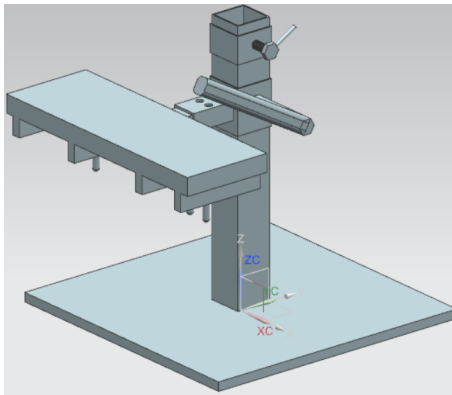
**Figura 6.** base de las muelas, la cual será ensamblada en la parte del soporte de la estructura/base.



Nota: Elaborado por Reyes, Reyes, Soto. (2023)

En la Figura 7, se muestra el diseño completo para mejor apreciación, recordando que los dos orificios superiores que se observan son para introducir tornillos los cuales permiten poder sujetar la base de las muelas con la estructura/base.

**Figura 7.** Diseño completo de la estructura/base.



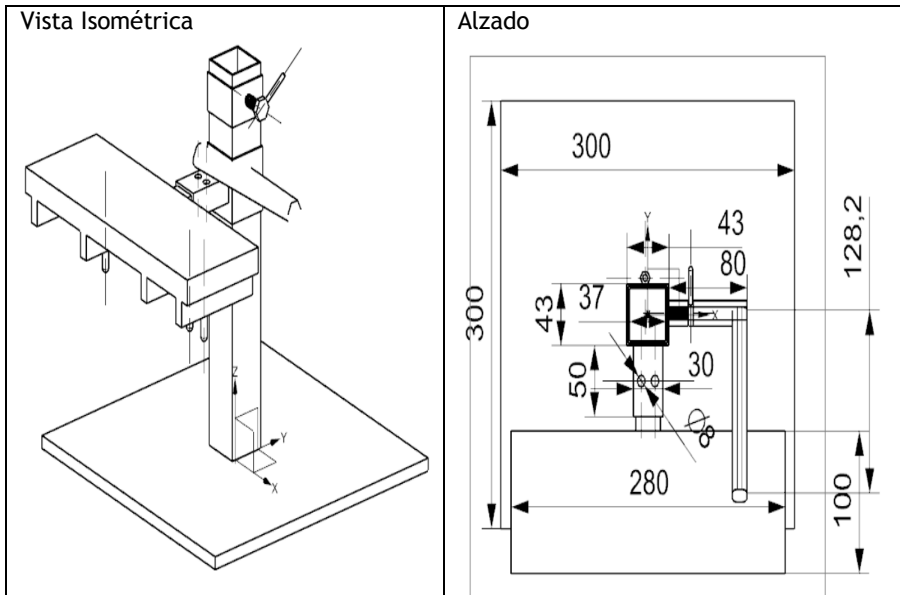
Nota: Elaborado por Reyes, Reyes, Soto. (2023)

A continuación, en la figura 8, se muestran los diferentes tipos de vista de la estructura/base para representar una pieza y objeto real, que está en tres dimensiones, de representarlo sobre un papel recordando que se llama vista de una

pieza u objeto a la imagen de este, la cual se puede observar desde una determinada posición.

Las vistas del diseño se representan de tres formas, vista de planta, alzado, perfil y también de vista isométrica para poder observar el diseño de tal manera que se pueda apreciar mucho mejor.

**Figura 8. Proyecciones del prototipo, diseño de la estructura/base.**



Nota: Elaborado por Reyes, Reyes, Soto. (2023)

Se diseñó un nuevo sistema poka-yoke el cual permite poder realizar dos acciones a la vez se trata por tanto de una herramienta que tiene como principal objetivo evitar la generación de errores. Su misión es ayudar al trabajador en tareas o procesos rutinarios y/o con variabilidad.

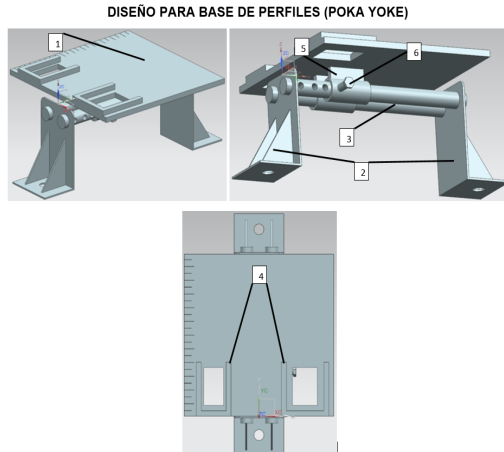
Recordando que el anterior diseño solamente contaba con 1 acción a la vez de realizar las rateas de perforación, gracias a esta modificación permitió poder disminuir el tiempo de operación de cada perforación, así como aumentar el desempeño de productividad de la empresa.

Implementar el Poka-Yoke no solo mejorará la mecánica de un proceso, sino que también ayudará a reformar los patrones de conducta de los trabajadores, enseñándoles que deben parar lo que estén haciendo tan pronto se den cuenta de cualquier error. A la larga, esto puede cambiar la manera en que la gente se enfoca en la calidad por encima de todo, y hacer que sea parte de su naturaleza.

Algunas características que debe tener una buena aplicación del Poka-Yoke son:

- **Simplicidad:** Que típicamente es complementada por un bajo coste de implementación.
- **Seguridad:** Necesaria para que sea considerada relevante.
- **Automatización:** Un mecanismo de Poka-Yoke debe ser total o parcialmente automatizado, para no crear trabajo adicional.
- **Interconexión:** Las herramientas a prueba de errores deben tener bucles de retroalimentación incluidos, para que contar con información de reconocimiento de errores.

En la Figura 9, se muestran las capturas del diseño propuesto junto con los materiales requeridos para la fabricación de la estructura/base, también dentro de las capturas del diseño se muestran las partes del producto y la descripción de sus componentes, así como el tipo de material utilizado para su producción y sus especificaciones. En la tabla 2, se muestra el listado de materiales para su fabricación. En la figura 10, muestra las diferentes vistas del diseño del sistema Poka-Yoke.

**Figura 9. Dispositivo Poka-Yoke**

Nota: Elaborado por Reyes, Reyes, Soto. (2023)

En términos generales, la investigación considera el uso de un mejor desarrollo de equipos, mediante el uso de la herramienta Poka-Yoke, la cual permite evitar errores y defectos en el proceso de producción. Este sistema actualmente sigue revolucionando y perfeccionando la industria de la transformación, incluidos los procesos por medio de los cuales eficientiza, desde el pequeño equipo hasta el que requiere mayor uso de tecnología.

Lo antes descrito se establece dentro de la optimización de procesos y productos, así como en la incidencia de una responsabilidad social empresarial, dentro de las diversas investigaciones que se pueden realizar en un corporativo y a su vez se pueda determinar en futuros desarrollos, función principal de los que crean nuevos procesos.

**Tabla 2.** Lista de materiales para la fabricación del dispositivo Poka-Yoke.

N o	Cantida d	Materiales	Tipo de material	Especificaciones
1	1	Base o Plancha	Aluminio o Hierro	25 cm X 25 cm y 2cm de ancho
2	2	Soportes de base	Acero	15 cm de alto, 10 cm de ancho y de grosor 3 mm
3	2	Guías tubulares con 3 perforacione s	Acero	30 cm de largo con un R=25.4
4	2	Topes	Acero	10 cm de largo, 7.5 cm de frente, con una altura de 1 cm
5	1	Abrazaderas de las guías tubulares	Acero	7 cm de largo, con un R=25.4
6	3	Tornillos o Tuercas	Acero inoxidable	Tuerca hexagonal de ½ pulgadas

Nota: Elaborado por Reyes, Reyes, Soto (2023).



existe en el campo laboral de los servicios de cancelería de aluminio, vidrio templado, vidrio blindado, paneles de aluminio y todo lo relacionado, por lo cual en el área de producción de la empresa Teknovidrio se realizaron dos diseños de herramientas los cuales nos permiten poder evitar errores sin que este genere tiempos tardíos y a la vez optimizar el tiempo al momento de realizar la perforación.

En la presente investigación se han descrito los procesos de operación y fabricación para salvaguardar la calidad mediante diagramas de flujo, recorrido y operaciones, de tal manera que permita poder observar el recorrido de todo el proceso durante su producción, también se diseñó un manual de usuario para conocer el uso y funcionamiento adecuado de las herramientas para que al operario le sea más sencillo manipular y proteger su salud, por último se realizó la determinación del costeo de fabricación para conocer el precio de fabricación de la estructura/base. Durante el desarrollo del proyecto se presentaron pruebas y ajustes los cuales permitieron modificar y mejorar el diseño de la estructura/ base, que dio como resultado mejora en los siguientes elementos: ergonómicos, calidad y diseño, con el objetivo de que el operario se sienta seguro y cómodo al momento de manipular la maquinaria.

Finalmente, cabe destacar la importancia de la reducción de costos al fabricar un equipo como el que se desarrolla en la presente investigación, lo que permite acercar la tecnología a pequeñas empresas para mejorar su rendimiento y desarrollo. REE

## **V. Referencias**

- Arrieta P. J. G. Interacción y conexiones entre las técnicas 5s, SMED y Poka Yoke en procesos de mejoramiento continuo. *Tecnura*, ISSN: 0123-921X, vol. 10, núm. 20, 2007, pp. 139-148 Universidad Distrital Francisco José de Caldas Bogotá, Colombia. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257021012012>.  
<https://www.redalyc.org/pdf/2570/257021012012.pdf>.
- Carrillo, J. A. (2022, Enero 20). *www.academia.edu*. Retrieved from [https://www.academia.edu/29787126/Diagrama\\_de\\_proceso\\_de\\_operacione](https://www.academia.edu/29787126/Diagrama_de_proceso_de_operacione)

- #: -: text=Ventajas%3A%20F%C3%A1cil%20de%20observar%20F%C3%A1cil, con%20Este%20tipo%20de%20diagramas%20
- Chapman S. N. (2006). Planeación y control de la productividad. 1ra edición. Prentice Hall. p. 256.
- Chase R. B., Jacobs F. R., Aquilano N. J. (2009). Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros. 20va Edición. Mc Graw Hill. p. 28-31, 261-264.
- Chicaiza T. A. M. (2019). El efecto Poka Yoke en el proceso productivo. Caso: Empresa de calzado industrial. Tesis de grado de licenciatura. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30053/1/T4606ig.pdf>.
- Collier D. A., Evans J. R. (2016). Administración de Operaciones. 5ta Edición. CENGAGE Learnig. p. 54-60.
- Corral R. (2017). KPI's útiles. LEEONLINE. p. 7. web del libro: [www.robertocorral.com/KPIs-utiles](http://www.robertocorral.com/KPIs-utiles).
- Díaz R. E., Hernández G. S., Téllez B. S. C. (2008). CONTROL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES CRÍTICAS. SOMIM ISBN 978-968-9773-03-8 [http://somim.org.mx/memorias/memorias2008/articulos/A1/A1\\_407.pdf](http://somim.org.mx/memorias/memorias2008/articulos/A1/A1_407.pdf).
- Flórez R. N., López C. F. J., Flórez R. A. L. (2013). Diseño y desarrollo de un equipo para el control de la calidad en la industria panificadora. Tecnum, ISSN: 0123-921X. vol. 17, núm. 37, julio-septiembre, 2013, pp. 177-190, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257028383016>.
- Fontalvo H. T., De La Hoz G. E., Morelos G. J. (2017). La productividad y sus factores: incidencia en el mejoramiento organizacional. Dimensión Empresarial, Dimensión empresarial, ISSN-e 1692-8563, Vol. 16, N°. 1, 2018, págs. 47-60. DOI: <http://dx.doi.org/10.15665/rde.v15i2.1375>. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6233008>.
- Gutiérrez P. H. (2010). Calidad Total y Productividad. 3ra edición. Mc Graw Hill. p. 21-23.
- Hernández M. J. C., Vizán I. A. (2013). Lean Manufacturing, Conceptos, técnicas e implementación. EOI ESCUELA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL. p.165. Libro digital: <http://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80094/lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>.
- Hernández O.T.A, Gómez B.K.G, Ibarra M.G, Vargas S.M.M, Máynez G.A. (2018). IMPLEMENTACIÓN DE POKA-YOKE EN HERRAMENTAL PARA DISMINUCIÓN DE PPMS EN ESTACIÓN DE ENSAMBLE. CULCyT//Enero-Abril, 2018 Año 15, No 64. <https://revistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/2483>.
- Jaime Aguilar Z. J., González C. M. C. (2009). EQUIPOS MULTIDISCIPLINARES DE DISEÑO DE PRODUCTO CON EL DISEÑO AXIOMÁTICO. XIII CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE PROYECTOS Badajoz, 8-10 de julio de 2009.

[https://www.aepro.com/files/congresos/2009badajoz/ciip09\\_1667\\_1678.2705.pdf](https://www.aepro.com/files/congresos/2009badajoz/ciip09_1667_1678.2705.pdf).

Jimenez T. M. A. (2016). PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACION DE LA HERRAMIENTA POKA YOKE EN LA ELABORACIÓN DE LAS FICHAS TÉCNICAS EN EL ÁREA DE OFICINA TÉCNICA DE LA EMPRESA C. I. DUGOTEX S.A. Tesis de grado licenciatura.

<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4947/JimenezToroMayerlyAlejandra2016.pdf?sequence=1>.

Kalpakjian S., Schmid S. R. (2014). Manufactura, Ingeniería y Tecnología, Procesos de manufactura. Vol.2. 7ma ed. Pearson. p.1095.

Kloter P., Keller K. L. (2012). Dirección de Marketing. 14va edición. Pearson. p. 366.

Marvel C. M., Rodríguez M., Núñez B. M. A. (2011) La productividad desde una perspectiva humana: Dimensiones y factores Intangible Capital, ISSN: 2014-3214, vol. 7, núm. 2, 2011, pp. 549-584. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, España. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54921605013>.

Medina F. J. E. (2010). Modelo integral de productividad, aspectos importantes para su implementación. Revista Escuela de Administración de Negocios, ISSN: 0120-8160 núm. 69, julio-diciembre, 2010, pp. 110-119. Universidad EAN, Bogotá, Colombia. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20619966006>.

MIGUEL R. J. I. (2013). SISTEMA DE IMPLEMENTACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA. Tesis de grado de licenciatura. <https://eprints.uanl.mx/7916/1/1080259485.pdf>.

Niebel, B. W. (2014). Ingeniería Industrial De Niebel Metodos, Estándares y Diseño del Trabajo. MCGRAW HILL EDDUCATION.

Nikkan Kogyo Shimbun, Ltd.: "Poka-Yoke: Improving Product Quality By Preventing Defects", Productivity Press, 1987 (en japonés), 1988 (en inglés), ISBN 0-915299-31-3.

Paredes R. A., Plazas V. J. A. (2011). Análisis del impacto de los dispositivos poka - yoke en indicadores de calidad y productividad en una empresa manufacturera. Tesis de grado de licenciatura. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/c401f815-df56-4ae2-a6ba-f131e2236fc0/content>.

Piqueras, V. Y. (2021, Junio 07). blogs.upv.es. Retrieved from <https://victoryepes.blogs.upv.es/2021/06/07/diagramas-de-proceso/>

Ramírez M. G. G., Magaña M. D. E., Ojeda L. R. N. (2022). Productividad, aspectos que benefician a la organización. Revisión sistemática de la producción científica, [Trascender, contabilidad y gestión](https://doi.org/10.36791/tcg.v8i20.166), versión Online ISSN 2448-6388, Vol. 7 Núm. 20 mayo-agosto (2022), DOI: <https://doi.org/10.36791/tcg.v8i20.166>, <https://trascender.unison.mx/index.php/trascender/article/view/166>,

[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2448-63882022000200189](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-63882022000200189).

- Ruiz, A. (2019, Septiembre 23). aymet.com. Retrieved from <https://aymet.com.ar/perfiles-de-aluminio/#:~:text=Los%20perfiles%20de%20aluminio%20son,estructura%20hospitalaria%20y%20la%20arquitectura>.
- Shigeo Shingo. (1986). Zero quality control: Source Inspection and the Poka Yoke System. Productivity Press. p. 45.
- Soto P. D. M. (2011). Perspectiva de la gestión de la innovación desde los mecanismos a prueba de falla Poka Yoke. Escenarios • Vol. 9, No. 1, Enero-Junio de 2011, págs. 52-59. <https://core.ac.uk/download/pdf/225609881.pdf>.
- López M. E. (2012) Tesis mejora continua: Poka-Yoke. Iván (Argentina).
- Torres P.L.A., Acosta C.M.G, García R.Y.R., Morales A.H., Hernández T.A.A. (2017). Poka-Yoke en línea de producción de cubiertas para porta equipaje automotriz. Revista Ingeniantes 2017 Año 4 No.2 Vol.1. [https://citt.itsm.edu.mx/ingeniantes/articulos/ingeniantes4no2vol1/Poka\\_YokeenLineadeProduccion.pdf](https://citt.itsm.edu.mx/ingeniantes/articulos/ingeniantes4no2vol1/Poka_YokeenLineadeProduccion.pdf).
- Zarate, D. (2021, Junio 06). blog.hubspot.es. Retrieved from <https://blog.hubspot.es/sales/que-es-poka-yoke#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20poka%20yoke%20es,por%20el%20ingeniero%20Shigeo%20Shingo>.